8K 超高清电视在北京冬奥会的应用实践

姜文波 蔺飞
（中央广播电视总台，北京 100859）

摘 要：按照“科技冬奥 8K 看奥运”的目标要求，中央广播电视总台依托超高清视音频制播呈现国家重点实验室，围绕 8K 超高清电视制作、播出、传输和呈现全链路开展科技创新，在北京冬奥会开幕前完成全新的 8K 超高清电视技术体系建设，于 2022 年 1 月 24 日正式开播 CCTV-8K 频道，在全球首次实现了 CCTV-8K 频道进网入户和百城千屏 8K 公共大屏展播。本文详细分析 8K 超高清电视在北京冬奥会的应用实践。

关键词：8K；超高清；电视技术；中央广播电视总台　　**中图分类号：**G221　　**文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2022）04-015-06　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2022.04.003
本文著录格式：姜文波，蔺飞 .8K 超高清电视在北京冬奥会的应用实践 [J]. 中国传媒科技，2022（04）：15-20.

导语

中央广播电视总台（下简称总台）用最先进的 8K 超高清制作技术、最新颖的 8K 超高清电视传播手段，完美呈现了北京冬奥会无与伦比的精彩，充分诠释更高、更快、更强、更团结的奥林匹克创新精神，为世界奉献了一届精彩、非凡、卓越的冬奥会。8K 超高清电视直播和重播覆盖北京冬奥会开闭幕式及重点赛事，如此大规模 8K 超高清电视技术应用在全球范围内也属首次，开启了重大体育赛事 8K 超高清电视转播和传播的先河，得到国际奥委会和奥林匹克广播服务公司（OBS）的高度赞誉，OBS 首席执行官伊阿尼斯指出：“在总台的支持下，我们也使用了 8K 技术，这是未来的转播方式。”

1. 总台 8K 超高清电视公共信号制作

总台与 OBS 深入合作，采用世界最高 8K 技术标准，使用新建的 A 级 4K/8K 超高清转播车（A6）承担北京冬奥会开 / 闭幕式 8K 公共信号制作任务；使用 2 套大型 4K/8K 超高清箱载式 EFP 系统，分别承担速度滑冰和自由式滑雪 / 单板滑雪大跳台 8K 公共信号制作任务。

北京冬奥会 8K 公共信号制作，打破了国外团队冬奥会冰雪项目转播长期的技术垄断，是参与国际传媒市场竞争与合作的重要实践，同时也体现了总台全球领先的超高清技术能力，成为世界 8K 超高清产业发展的里程碑。

1.1 开幕式与闭幕式

2022 年 2 月 4 日晚 8 时，举世瞩目的北京第二十四届冬季奥林匹克运动会开幕式在国家体育场隆重举行。2 月 20 日北京冬奥会隆重落幕，让世界再一次见证了“中国式浪漫”。

受 OBS 邀请，总台新建成的 UHD A6 超高清转播车承担开闭幕式 8K 公共信号制作任务，向全世界各媒体进行 8K 信号转播。UHD-A6 超高清转播车采用全 IP 架构，使用专业领域国际最新的 SMPTE2110-20/30 标准作为视音频信号的 IP 传输协议，转播车调音台采用主、备调音台设计，可实现最高标准的 8K HDR 和 5.1.4 全景声制作。

开闭幕式现场参与 8K 节目制作共 16 路信号，包括 7 个有线 8K 超高清讯道摄像机，其中国家体育场内 6 个机位、TVS（外景演播室）楼顶 1 个景观机位；接入由 OBS 提供的 6 路 4K 信号、2 路 4K 插播信号及 1 路高清字幕信号，统一变换为 8K 参与节目制作。转播车主备链路均为 IP 流信号，分别是主路切换台制作信号和备路 IP 网关切换信号通过主备光纤无压缩传送给主控机房，开 / 闭幕式 8K 公共信号转播系统流程见图 1。

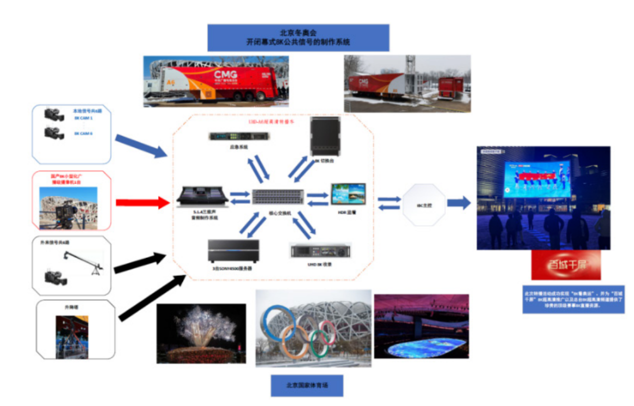


图 1　开 / 闭幕式 8K 公共信号转播系统流程

现场的 8K 摄像机中，首次使用了总台联合国内厂家研制的 8K 超高清便携 ENG 摄像机作为外景机位（见图 2）。该摄像机采用 35mm 全画幅 8K CMOS 图像传感器，并支持现有广电标准的 BT2020 广色域与 HLG 曲线，采用 4×12G 基带输出，完美适配 8K 转播系统。作为鸟巢外景机位，国产 8K 摄像机体积小、架设方便，用于景观和焰火画面的拍摄。

为确保 8K 制作的高质量，总台技术团队统一于 1 月 21 日进驻闭环管理，严格按照北京冬奥会总体技术方案要求，全面落实安全播出和网络安全要求，全方位开展转播系统设备架设及技术调试工作，协同各工种，积极



图 2　总台联合国内厂家自研 8K 超高清小型 ENG 摄像机

配合 OBS，有序开展转播系统加电测试、8K 转播系统主备路视 / 音频信号传输测试、OBS 技术运行中心（TOC）预定信号路由及内容确认、字幕信号对接、摄像机参数匹配调整等一系列技术测试工作。先后完成 1 月 27 日、1 月 30 日、2 月 2 日三次开幕式全要素演练。

1.2 “冰丝带”速度滑冰

速度滑冰的比赛场地位于国家速滑馆“冰丝带”，速度滑冰项目共设 10 个小项产生 14 块金牌，是北京冬奥会产生金牌数量最多的单个场馆。大道速滑 8K 转播系统 1 月 28 日开始设备入场搭建。系统从 2 月 5 日至 19 日共运行 15 天，转播大道速滑的全部赛事。

速度滑冰 8K 转播系统是在与 OBS 和北京奥组委协调下，最后一刻才确定下转播计划和转播方案。由于时间紧迫，系统的机房只能在原清废中心搭建。经过总台团队的协调努力，速度滑冰 8K 转播系统于 2 月 5 日，在所有 8K 赛事转播中最先成功进行了 8K 直播。

总台新建的一套 8K 超高清 EFP 系统完成此次公共信号制作任务。同样基于 8K IP 化架构实现 8K HDR 和 5.1.4 全景声制作。

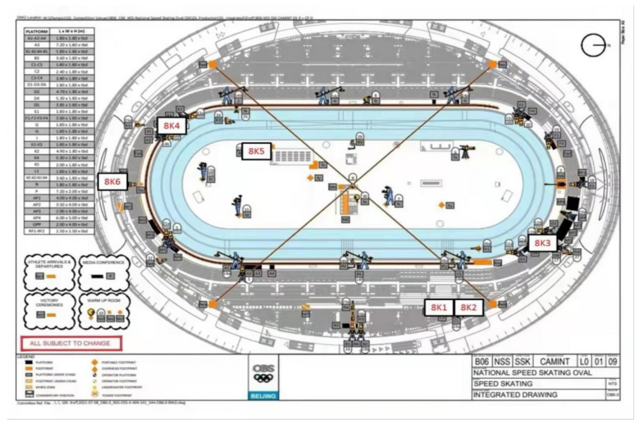


图 3　速度滑冰 8K 公共信号制作机位图

速度滑冰 8K 公共信号制作现场共使用 6 台 8K 讯道摄像机，其中 5 号机和 6 号机采用国产 8K 超高清广播级 EFP 摄像机（见图 4）。该摄像机由总台联合国内厂家自主研制，全部采用国产元器件，其技术指标与技术参数符合 8K 国际标准。比赛现场国产 8K 摄像机和进口索尼 8K 摄像机搭配使用进行节目制作，完美地完成了 8K 直播任务，而且其呈现的细节丰富、美轮美奂的影像效果，得到了 OBS、NHK 等国际电视同行的赞扬。



图 4　总台联合国内厂家自研 8K 超高清广播级 EFP 摄像机

除常规摄像机外，“猎豹”高速轨道摄像机、锥桶摄像机、“鱼竿”摄像机、飞猫等特种拍摄设备也接入制作系统，同时 OBS 提供的 HD 字幕包装信号、4K 信号、系统内部的 8K IP 信号、8K 基带信号等众多格式的信号需要完成上变换、2SI–SQD 转换、基带 –IP 转换等一系列归一化处理，并精心调校各类型信号的色彩表现和亮度控制，使之呈现出统一的高质量画面。

速度滑冰 8K 转播系统在 15 天的转播中，共直播了 25 场精彩赛事，为观众们提供了超高分辨、广色域、内容精彩靓丽的赛事观赏体验。

1.3 自由式滑雪 / 单板滑雪大跳台

总台派出 8K 超高清箱载转播系统（UHD–EFP4）作为滑雪大跳台项目 8K 公共信号制作系统，转播地点设置在石景山首钢大跳台。

北京冬奥会期间，自由式滑雪大跳台 / 单板滑雪大跳台赛事在北京首钢滑雪大跳台举行。共 13 路信号参与节目制作，包括有线 8K 超高清讯道摄像机 6 路，8K 慢动作插播信号 2 路，AI 时间切片系统 1 路，接入 OBS 提供的 4K 外来信号 4 路，均通过 12G 光传经过转换网关转换成 IP 流再上变换为 8K 信号参与制作。

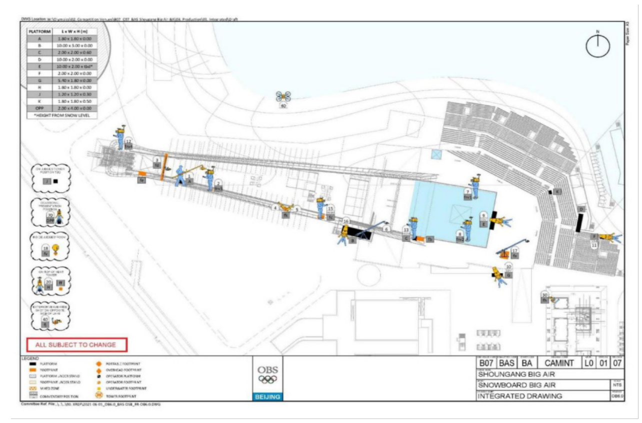


图 5　滑雪大跳台 8K 公共信号制作机位图

由于摄像机及拾音话筒分布于整个赛场，气候极寒，设备搭建及技术保障难度大。为确保极寒环境下转播设备的正常工作，技术团队为设备定制了防寒服。确保摄像机和镜头在低温下正常使用。

大跳台 8K 系统首次应用总台研制的国产 8K 超高清 IP 净切换交换机，作为滑雪跳台 8K 转播系统的应急切换系统。该系统是国际上首个基于交换机的 8K 超高清视频净切换系统，支持多种格式视频净切换和超高清 4K/8K 多分辨率，可实现无缝转换，切换端到端时延一帧以内，输出图像不夹帧、不黑场、不卡顿。

同时为给观众呈现更准确的大跳台技术分析画面，总台自主研发了超高清 AI 时间切片系统，实时精准还原滑雪跳台运动员技术动作（见图 6）。该系统基于 4K/8K 超高分辨率视频信号，使用人工智能深度学习算法，结合视觉暂留技术、图形学、图像学及自动化控制技术构成 AI 图像处理系统，实时将滑雪运动员技术动作从视频背景中快速分离，通过数据分析和二次包装，实现逐帧呈现和提炼放大的“时间切片”数据可视化呈现效果。只需 15 秒就能完成技术动作剥离运算和时间切片包装渲染，充分满足电视直播实时性需求。



图 6　AI 时间切片在大跳台赛事中的应用

2. 总台 8K 超高清信号交换和节目包装编辑制作

总台复兴路办公区建设了全 IP 电视信号交换调度系统，在首都体育馆搭建了 8K 包装转播系统，在复兴路办公区建设 8K 包装播出演播室，在光华路办公区适配 8K 编辑制作，全流程全体系支撑 8K 超高清信号交换和节目制作。总台 8K 冬奥直播超 100 小时，节目总时长超过 200 小时。

2.1　冬奥 8K IP 信号调度交换系统

总台以华为 NE8000-X8 系列路由器为核心交换设备，自主研发了全 IP 电视信号交换调度系统，并在 2022 年 1 月建成投产，有力提升了总台在外场传输、信号接入及信号制作等方面的高效、高质、便捷的交互能力。该系统符合 SMPTE 2110、2022-7 的标准，遵循总台 8K 超高清电视节目制播相关规范，全面实现了包括鸟巢开 / 闭幕式、国家速滑馆、首钢大跳台、首体花滑馆等 4 个赛场 8K 信号自冬奥会总台 IBC（国际广播中心）到制作系统、播出系统全链路无压缩的高带宽 IP 化传输，完成总台 8K 播出信号与光华路办公区、北京饭店非持权转播商新闻中心、冬奥会 IBC 区域的信号传输工作。北京冬奥会期间，该系统运行平稳，圆满完成冬奥会 8K 信号传输与分发任务。

该系统采用全 IP 化传输技术，打通传统制播系统间传输壁垒，形成全台、跨域的全网化制播信号调度和分发体系。在信号调度交换网络内，通过物理切片的方法，实现超高清、高清视频、音频、PTP 同步、控制信号的混合传输，实现全媒体一网化全台信号调度分发。同时引入 SDN 的系统架构，使用自主研发基于国产 NP 芯片的媒体制播网 IP 路由交换设备和自主开发的 SDN 控管监软件系统实现跨域、跨系统的 IP 级联。系统采用精确的调度流表控制、无阻塞调度、组播 NAT（组播地址转换）、资源占用动态预测技术、可定制的细分类运行策略技术，实现了全系统、全流程信号的可管、可控、可监。

这是世界首套 8K/4K/HD 全 IP 电视信号交换及调度系统，也是中央电视台自成立以来使用的首套国产电视信号交换及调度系统，填补了我国在超高清电视制播关键装备的空白，标志着我国在世界超高清电视装备制造取得重大突破。


图 7　总台电视总控（8K/4K/HD IP 信号交换及调度系统）

2.2　花样滑冰及短道速滑包装转播系统

短道速滑 / 花样滑冰项目在首都体育馆举办。8K 公共信号由 NHK（日本放送协会）承担制作，总台技术团队派出一辆 8K 转播车（由北京超高清协同中心提供）完成 8K 的节目包装和 PGM 信号制作。此种方式是在 NHK 制作的 8K 公共信号的基础上进行字幕和慢动作精彩回放等操作来完成节目包装并制作最终 PGM 信号，用 8K 等新技术载体尽力呈现我国运动健儿的精彩表现。

现场设置 2 台 8K 讯道摄像机，配置 2 个 8K 广角镜头；系统接收 2 路外来信号，来自 TOC 的 8K dirty PGM（主备路）；再配合国产 8K 慢动作回放系统，做到全流程 8K 制作；音频部分采用收取 NHK 8K PGM 的 22.2 三维声下混到 5.1.4 全景声来进行制作。

除现场 2 台 8K 讯道摄像机外，系统内还接入了 2 路由 TOC 提供的 8K dirty PGM 信号。为了不损失 8K 信号质量，使用 8K 光信号传输和光电转换设备，部署在 NHK EFP 机房，将 4x12G 基带信号转换成光信号，传输至 TOC，最后传输到转播车光端收。由于 NHK 提供的信号为 59.94p，在 50p 系统中运动镜头会出现拖影现象，所以

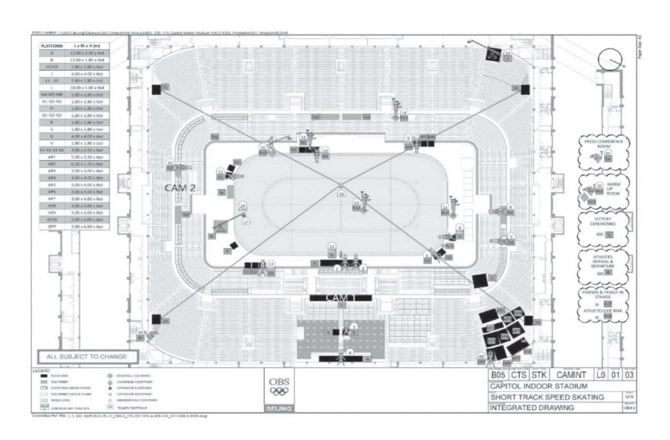


图 8　首都体育馆 TV Compound 8K 包装系统机位图

特别采用具备运动补偿功能的帧率转换设备，有效降低最终节目信号中运动镜头的卡顿延迟，提高画面质量。慢动作回放也采用国产厂商的原生 8K 慢动作回放设备。在比赛当中出色地完成了实时慢动作和赛后集锦的播放任务。

由于首都体育馆光缆资源有限，采用 JPEG XS 压缩编码格式对 8K 信号进行浅压缩处理，减小视频流带宽占用。视频信号编码压缩成 XS 流，音频信号不压缩重新封装成 SMPTE 2110-30 的音频 IP 流，主备 IP 流经光纤输出到前端主控的路由器和信号聚合设备，经 TOC 传送回总台电视总控 8K/4K/HD IP 信号交换及调度系统，为 CCTV-8K 频道包装的播出演播室提供信号。




图 9　首都体育馆 8K 包装转播车及技术保障

2.3　冬奥 8K 编辑制作系统

为完成 8K 冬奥各类型节目制作，总台将网络制播系统的采集、存储、编辑、合成、传输、归档等经典流程与 8K 进行适配，同时与节目生产系统、内审系统、UQC 系统、媒资系统、播出系统等上下游系统逐一进行适配和调试，将 8K 节目制作流程常规化，为本次冬奥会的 8K 节目制作做好了充足的技术准备。

冬奥 8K 编辑制作全流程采用了 JPEG XS 编码、2Gbps 码率、MXF 封装、16 轨音频，相较于 4×XAVC 的编码格式而言，在同等观看质量下具有延迟低、计算复杂度低等优点，同时 JPEG XS 对一段视频只有一个物理文件，可以降低素材文件存储、传输和管理的复杂度，提高收录及编辑的稳定性和可靠性。

超高清编辑制作系统的 8K 素材来源主要有两个方面，一是，在总台复兴路办公区的 8K 频道包装播出演播室部署了 2 通道的 8K 收录系统，通过与光华路办公区之间的专线直接回传至核心存储系统；二是，前方 IBC 移动外场系统，将前方 5 路 8K 收录素材通过文件同步服务器经前后方 40G 专线摆渡至光华路办公区存储池。在多路收录信号的支持下，保证了比赛内容的完整性，节目编辑人员在素材挑选上也有了更多的选择。

本次冬奥会相关的 8K 制作任务共 82 条，分配在《顶级赛事》和《8K 超高清万象》两个 8K 栏目之中，其中《顶级赛事》分配 62 个制作任务，《8K 超高清万象》栏目分配 20 个任务，包括 9 个中国队获得金牌的颁奖仪式。北京冬奥会期间，根据每天的赛事内容，对应相应的节目代码进行制作。使用收录的 8K 比赛画面和现场声音，配合 4K 的解说声音，完成赛事重播节目制作。颁奖仪式的制作，使用 ENG 拍摄的 8K 单机素材，通过前场系统将素材传入后场存储池中进行上载和编辑。

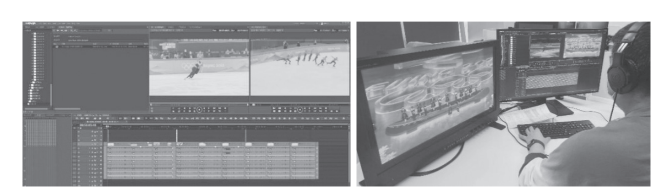


图 10　8K 编辑制作界面

北京冬奥会前场回传至总台超高清制作系统收录的 8K 素材约 262 小时，冬奥直播和录播节目总时长超过 200 小时。

3. 8K 超高清电视创新传播分发体系

2022 年 1 月 26 日，总台正式开播了 CCTV-8K 超高清电视频道，CCTV-8K 信号通过中国广播电视干线网接入北京歌华有线电视网和广东有线电视网，面向家庭用户提供 8K 超高清电视服务；与此同时，为让更多的人看到 8K 冬奥盛况，总台启动“百城千屏”推广活动，在全国 120 多块 8K 大屏同步播出 CCTV-8K 信号，广大人民群众能真正看到纤毫毕现、绚丽多彩的北京冬奥会。

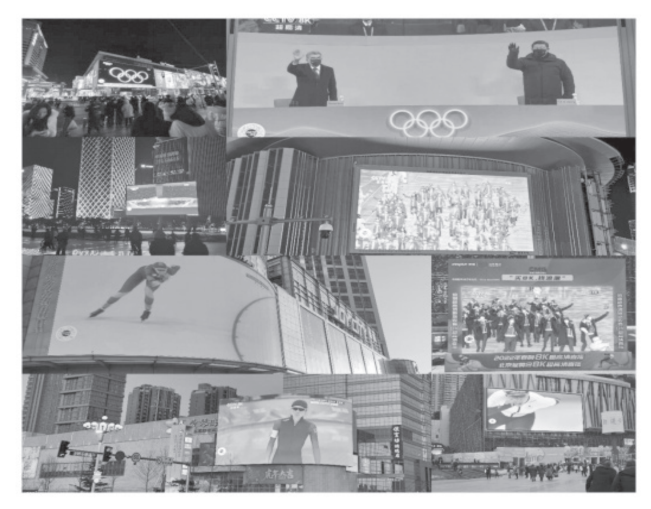


图 11　8K 冬奥全国户外大屏展播

3.1　8K 超高清电视频道播出

CCTV-8K 电视频道作为全球首个通过网络播出的

8K 超高清综合性频道，目前每天播出 16 个小时。该频道播出的主要内容包括纪录片、体育、文艺等类型的超高清电视节目，同时承担国内外重大活动、赛事转播的超高清信号播出。该频道在 2022 北京冬奥会期间总播出时长 451 小时，其中，北京冬奥会开闭幕式、短道速滑、花样滑冰、速度滑冰、自由式滑雪大跳台、单板滑雪大跳台等赛事直播 95 小时，精编赛事、颁奖典礼等冬奥节目录播 356 小时。

新建的 8K 超高清电视播出系统采用全 IP 架构，具备 1 个主频道、1 个个性化频道（2022 年年底将扩建到 10 个性化频道）和 1 个虚拟频道的播出能力。该系统的建成推动了 8K 超高清技术标准的落地，攻克了 8K 高帧精度控制、IP 信号调度监管等难点问题，实现了核心设备和系统软件国产化。

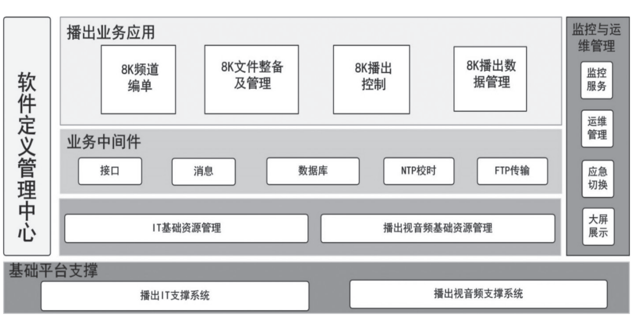


图 12　8K 超高清电视播出系统

8K 超高清节目播出平台支持 8K 超高清文件录播和 8K 超高清信号直播，具备多通道并行的节目播出能力，可支持多地的个性化播出。8K 超高清节目播出平台包括业务应用服务系统、IT 支撑系统和视音频支撑系统。

播出业务应用服务系统包括播出编排、播出整备、播出控制等应用程序，可依照播出单据实现 8K 超高清节目文件的自动化备播流程，实现对 8K 超高清播出视频服务器的文件解码播出、信号切换与图文包装叠加等功能的自动化控制，完成对视音频信号系统的调度控制。

播出 IT 基础支撑平台主要由存储、服务器、工作站、虚拟化平台、安全设备、基础网络等模块组成。播出系统信息安全按照相关等保要求进行建设，在边界安全、网络安全、主机安全、应用安全、数据安全等方面实施管控，确保系统在安全可信的环境中稳定运行。

播出视音频支撑系统可实现外来信号归一化处理、播出文件解码播放、信号技术监看、系统集中监看等信号处理和监看能力；系统配置末级切换设备，可用于系统末级信号的应急切换；系统配置统一的精准时间基准。系统具备 IP 化播出能力，支持 8K 超高清电视实时信号的播出。

3.2　8K 超高清电视 IP 集成分发系统

8K 超高清电视 IP 集成分发平台面向公共 8K 大屏幕提供 8K 超高清电视节目的个性化发布及大屏端的解码终端管理。

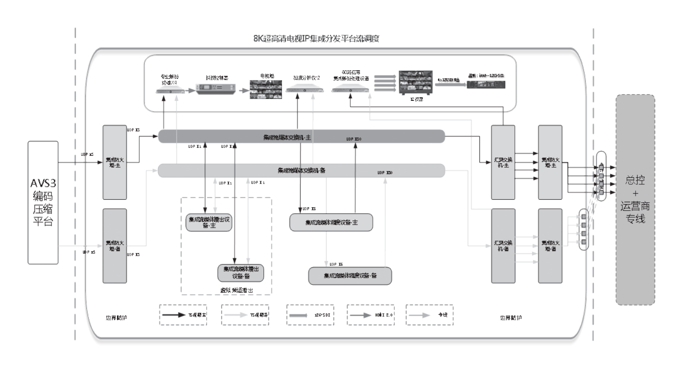


图 13　8K 超高清电视 IP 集成分发系统

该平台基于 IP 信号构建多级播出管控分发框架，平台全部基于国产自研软硬件实现，在中心端实现 8K 主频道信号和个性化频道信号的分发调度，在边缘端实现终端管理和数据采集。8K 超高清电视 IP 集成分发平台可支持 8K AVS3 节目流的调度分发，实现 8K 超高清电视节目在各省个性化分发及大屏端解码播放，视频编码码率为 120Mbps。

节目流调度系统为 IP 化主备链路，可实现应急选切功能。节目流监听监看可对媒体调度矩阵的所有节目流信号进行码流分析及报警。节目流经调度后，通过运营商光缆专线进行传输分发。提供光缆专线传输服务的运营商负责该专线的日常运行维护，确保信号的全程安全传输。

专业解码终端支持双路 8K IP 流接入。自动检测主路视频流中断时切换备路输出；自动检测主备路视频流同时中断时输出本机预存测试画面。专业解码终端主要应用于连接室外及室内的 8K 大屏幕或 8K 电视机等显示设备。解码终端支持将本机的实时运行数据、安全认证信息、流监控数据、抽帧画面通过运营商专线回传综合管控系统。

综合管控系统完成与专业解码终端的数据交互以及系统的监控汇聚展示。通过将 IP 地址和专业解码终端 MAC 地址绑定，实现对专业解码终端的可控授权。系统具备抽帧比对功能，将回传抽帧图片和平台内输出信号的抽帧图片进行比对，保证播出内容的一致性。系统具备集中监看功能，依据平台策略和大数据分析，实现人机交互的智能化运维管理。

3.3　8K AVS3 超高清电视编码系统

8K 超高清节目 AVS3 编码压缩平台支持多路 8K 超高清节目的编码压缩，该系统包含多个独立的 AVS3 编码通道。编码压缩后输出 TS/IP 节目流经 8K 超高清电视 IP 集成发布平台调度后送下游用户。该编码平台采用我国自主技术、国内独立研发、面向 8K 超高清应用的全新一代 AVS3 视频编码标准，遵循《信息技术 智能媒体编码 第 2 部分：视频》（T/AI 109.2—2020）的技术要求；

音频采用 5.1 环绕声编码。这一创新应用也将全面带动我国自主技术 AVS3 编码标准的产业化发展。

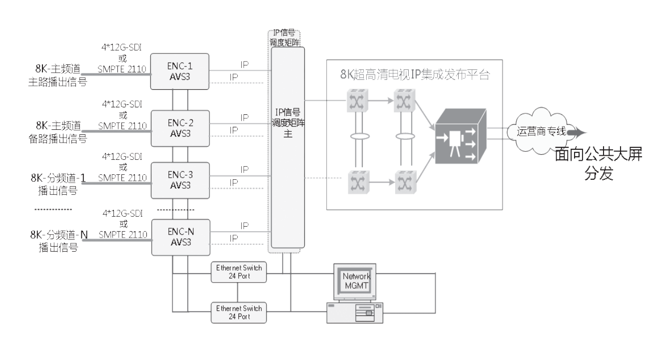


图 14　8K 超高清编码压缩及节目流分发

3.4　CCTV–8K 进网入户和“百城千屏”推广应用

CCTV–8K 频道通过中国有线电视干线网送至全国各地有线电视网，并接入北京歌华和广东有线电视网，为用户提供 8K 超高清电视频道服务，CCTV–8K 在总台前端编码、网络运营商传输和用户终端解码均采用 AVS3 编解码标准，首次实现了我国自主视频编码标准端到端全链路传输。

为满足广大人民群众通过 8K 超高清电视看冬奥的要求，总台启动 “百城千屏”超高清公共服务平台建设，将 CCTV–8K 超高清频道传送到北京、上海、广州、深圳、天津等全国 30 多个城市，以及冬奥高铁专列上的清河、延庆、太子城、崇礼 4 个车站 120 多块超高清大屏，进行了冬奥赛事展播。8K 超高清技术带来的细腻清晰的赛场精美画质，为广大人民群众奉献视觉上的极致感受。

针对在公共场所看大屏电视听不到伴音这个难题，总台研发了“百城千屏随身听”电视伴音传播系统，观众可通过下载“百城千屏随身听”小程序，通过手机收听到 CCTV–8K 超高清频道伴音。该系统通过手机定位信息确定大屏，手机收听到的伴音与大屏播放的 8K 超高清视频时延控制在 120ms，如果由于手机播放造成声画不同步，可通过小程序进行微调。 “百城千屏随身听”业务场景见图 15。

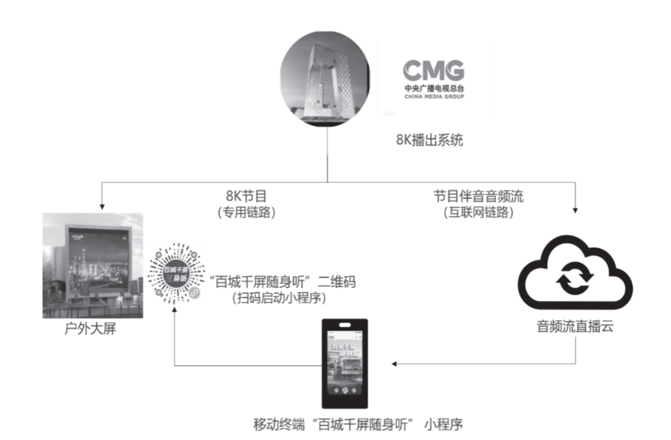


图 15　“百城千屏随身听”应用场景

作为“技术 + 赛事”的创新， “百城千屏”推广应用是全球首次规模化应用 8K 技术进行开幕式直播和赛事转播，让“8K 看冬奥”走近大众， “零距离”向公众展示 8K 冬奥精彩，开辟共享科技冬奥的新场景。

总结

通过 2022 年北京冬奥会的 8K 超高清应用与实践，中央广播电视总台依托超高清视音频制播呈现国家重点实验室，在超高清节目制作、信号交换、编码传输、用户服务全链路开展技术攻关取得突破，并成功地推进核心设备国产化，构建了国际领先的 8K 超高清电视制播平台。采用 8K 超高清电视频道进网入户和“百城千屏”超高清大屏推广落地相结合的方式，创新了 8K 超高清电视的传播服务体系，探索建立全新的超高清电视传播模式，引领世界超高清电视快速发展。媒

作者简介：姜文波（1963–），男，江西，正高级工程师，中央广播电视总台，研究方向：广播电视技术 ；蔺飞（1983–），男，河北，高级工程师，中央广播电视总台研究方向：广播电视技术。

（责任编辑：陈旭管）